

Hari Petsos, Bettina Dannewitz, Yuri Glass, Peter Eickholz

Glossar der Grundbegriffe für die Praxis

Knochentransplantate und Knochenersatzmaterialien in der regenerativen Parodontalchirurgie

Einleitung

Aktuelle europäische Leitlinien zur Behandlung von Parodontitis im Stadium I–IV empfehlen bei Resttaschen ≥ 6 mm in Kombination mit Knochentaschen ≥ 3 mm und/oder Grad-II-Furkationsbeteiligungen (Oberkiefermolaren bukkal + Unterkiefermolaren bukkal und lingual) regenerative Therapieverfahren einzusetzen^{1,2}. Dabei ist das ultimative Ziel parodontaler Therapie eine „Restitutio ad integrum“, also eine vollständige Wiederherstellung aller Gewebe des Zahnhalteapparates. In diesem Fall spräche man von einer parodontalen Regeneration, welche von der parodontalen Reparation (Ausbildung eines entzündungsfreien langen Saumepithels) abgrenzen ist. Bei der Regeneration kommt es zur Neubildung von Wurzelzement, Alveolarknochen und parodontalem Ligament. Die alleinige Neubildung von Knochen (Guided bone regeneration: GBR), wie sie häufig in der oralen Chirurgie und Implantologie angestrebt wird, ist folglich nicht mit einer parodontalen Regeneration gleichzusetzen. Knochen- und Knochenersatzmaterialien erschweren zwar das Einwachsen von Weichgeweben in einen Defekt, prinzipiell führt die alleinige Auffüllung parodontaler Defekte jedoch nicht zu einer vorhersagbaren und vollständigen parodontalen Regeneration. Dies liegt daran, dass weder Knochen noch Knochenersatzmaterial die Ausbildung eines neuen bindegewebigen Attachments auf der Wurzeloberfläche fördern. Klinisch sind eine radiologische Defektauffüllung, die Reduktion von Sondierungstiefen oder ein klinischer Attachmentgewinn keine sicheren Kriterien für parodontale Regeneration. Diese ist ausschließlich anhand histologischer Untersuchungen nachweisbar.

Die Implantation von Knochen- und Knochenersatzmaterialien wird in der parodontalen Regeneration überwiegend in Kombination mit Barriermembranen und bioaktiven Proteinen in großen nicht unterstützenden Defekten genutzt, um ein Kollabieren des Lappens oder der Membran in den Defekt zu verhindern.

Dieses Glossar gibt einen Überblick über die Gruppe der Knochentransplantate und Knochenersatzmaterialien sowie deren Anwendungsgebiete in der regenerativen parodontalen Chirurgie.

Grundlagen der parodontalen Wundheilung

Bei parodontalchirurgischen Eingriffen liegt nach Reinigung des Defektes und der Wurzeloberfläche des behandelten Zahnes die komplexe Situation vor, dass beim Wundverschluss ein vaskularisierter gingivaler Lappenrand auf eine avaskuläre, meist rigide Wurzeloberfläche trifft. Dabei beinhaltet der gehobene Lappen Epithel- und Bindegewebeanteile und die parodontale Wunde Bestandteile des Alveolarknochens und des parodontalen Ligaments. Zunächst kommt es zur Ausbildung eines Blutkoagels zwischen der Wurzeloberfläche und dem mukogingivalen Lappen, wodurch die initiale Adhäsion/Adsorption von Plasmaproteinen auf der Wurzeloberfläche begünstigt wird. Nach ein paar Stunden leiten dann zum größten Teil neutrophile Granulozyten und Monozyten eine frühe Entzündungsphase ein, indem sie sich auf der Wurzeloberfläche akkumulieren. Nach einigen Tagen wird diese frühe in eine späte Entzündungsphase überführt, die durch die Einwanderung von Makrophagen und

Granulationsgewebe charakterisiert ist. Nach etwa einer Woche kann es zu einer teilweisen Neubildung bindegewebigen Attachments kommen. Ein Großteil der ehemaligen Wunde wird zu diesem Zeitpunkt von einem Fibrinkoagel eingenommen, das je nach Defektgröße und umgebenden Geweben bindegewebig ausreift. Ein mögliches neues bindegewebiges Attachment ist folglich in erster Linie von einer unbehinderten Adsorption/Adhäsion von Plasmaproteinen auf der Wurzeloberfläche abhängig.

Parodontale Wunden können folglich zwei verschiedene Wege beschreiten. Zum einen kann es zu einer parodontalen Reparation kommen: Ausbildung eines epithelialen Attachments (langes Saumepithel) zwischen der Wurzeloberfläche und dem mukogingivalen Lappen und/oder Ausbildung einer Rezession. Zum anderen kann es, ebenfalls in Kombination mit einer Rezession, zur parodontalen Regeneration kommen: Insertion funktionell ausgerichteter desmodontaler Fasern in einen neu formierten Wurzelzement auf der zuvor instrumentierten Wurzeloberfläche^{3,4}.

Prinzipien der parodontalen Regeneration

An der parodontalen Wundheilung sind vier Gewebetypen beteiligt: Wurzelzement, Alveolarknochen, desmodontales (parodontales Ligament) und gingivales Bindegewebe. Die Bildung von neuem Knochen in Parodontaldefekten wird oftmals durch einwachsendes Weichgewebe verhindert. Studien konnten zeigen, dass nur Zellen des parodontalen Ligaments in der Lage sind, die Ausbildung eines neuen bindegewebigen Attachments auf der Wurzeloberfläche zu induzieren⁵. Eine folgerichtige Separation unterschiedlicher Gewebeanteile voneinander und die Raumschaffung für die parodontale Regeneration kann durch den Einsatz von Membranen erfolgen. Diese bilden die Grundlage der gesteuerten Geweberegeneration (Guided tissue regeneration: GTR)⁴. Klinisch ist der Einsatz von Membranen sehr techniksensitiv und birgt das Risiko postoperativer Expositionen. Zusätzlich zu den Membranen oder auch separat wurden Modifikatio-

nen der Wurzeloberfläche nach Instrumentierung mithilfe von Säuren, Chelatbildnern oder bioaktiven Proteinen mit oder ohne Kombination von Knochentransplantaten/Knochenersatzmaterialien zur Förderung der parodontalen Regeneration beschrieben^{6,7}. Der alleinige Einsatz von Knochentransplantaten/Knochenersatzmaterialien führt zu keiner vorhersagbaren parodontalen Regeneration. Neben den möglichen Vorteilen, die Membranen, Knochenersatzmaterialien und wurzeloberflächen-modifizierende Präparate mit sich bringen, müssen aber auch daraus resultierende höhere Anforderungen wie ein stabiler, primärer und spannungsfreier Wundverschluss genannt werden.

Zusammengefasst sind die wichtigsten Komponenten für die parodontale Regeneration das Vorhandensein von Zellen des parodontalen Ligaments, Wundstabilität und ein primärer Wundverschluss^{2,8}.

Einteilung und Eigenschaften von Knochentransplantaten und Knochenersatzmaterialien in der regenerativen Parodontalchirurgie

Das Angebot an Knochenersatzmaterialien auf dem Markt ist groß. Viele dieser Materialien finden primär im Bereich der Kieferkammaugmentationen im Rahmen implantologischer Eingriffe Verwendung, sollten aber nicht ohne Weiteres auch für die parodontale Regeneration herangezogen werden. Der Einsatz von Knochen- und Knochenersatzmaterialien in der regenerativen Parodontalchirurgie resultiert aus der Annahme, dass diese Materialien bei entsprechender Defektmorphologie in der Nähe der gereinigten Wurzeloberfläche die Formation von neuem parodontalem Ligament fördern und das entstehende Blutkoagel stabilisieren⁸. Dies kann über verschiedene Wege geschehen:

- Osteoneogenese: Bereitstellung vitaler knochenzellbildender Zellen,
- Osteokonduktion: Ausbildung einer Leitschiene für die Knochenneubildung, ohne diese zu induzieren,
- Osteoinduktion: Breitstellung von bioaktiven Proteinen (Bone morphogenetic proteins: BMPs),

die ihrerseits indirekt die Knochenneubildung induzieren.

Die dabei verwendeten Knochentransplantate/Knochenersatzmaterialien sollten idealerweise folgende Anforderungen erfüllen:

- Induktion der Bildung von neuem Wurzelzement (Zementogenese) mit darin inserierenden funktionell ausgerichteten Desmodontalfasern (neues bindegewebiges Attachment) und Bildung von neuem Alveolarknochen (Osteogenese),
- Stabilisierung des Blutkoagulums in den entsprechenden parodontalen Defekten,
- Osseointegration in den neu gebildeten Knochen bzw. Verhinderung einer bindegewebigen Abkapselung und zeitgerechte Degradation (die Resorption sollte möglichst nicht schneller voranschreiten als die Osteoneogenese),
- Ermöglichung des Einwachsens von Blutgefäßen durch eine möglichst große spezifische Oberfläche (Makroporen > 100 µm und interkonkavierende Poren),
- Partikelgröße 125–1.000 µm (ansonsten Phagozytose durch Makrophagen),
- kein Infektionsrisiko,
- einfache Lagerung, Verarbeitung und Applikation,
- unbegrenzte Verfügbarkeit.

Nach wie vor existiert kein Material auf dem Markt, welches alle zuvor aufgeführten Eigenschaften vereint. Die verschiedenen Knochen- und Knochenersatzmaterialien können wie folgt entsprechend ihrer Herkunft unterteilt werden:

- autolog: Knochentransplantate, die innerhalb eines Individuums entnommen und transplantiert werden (körpereigen),
- allogen: Knochentransplantate, die zwischen zwei Individuen derselben Spezies transplantiert werden,
- xenogen: Knochentransplantate, die von einer fremden Spezies transplantiert werden (meist von Tieren),
- alloplastisch: synthetisch hergestellte oder anorganische Materialien, die zum Ersatz verloren gegangenen Knochens dienen.

Autologe Knochentransplantate

Autologe Knochentransplantate können prinzipiell intra- und auch extraoral entnommen werden, wobei in der parodontalen Chirurgie i. d. R. die intraorale Entnahme angewendet wird. Das Transplantat wird aus zahnlosen Regionen, der Tuberregion, dem retromolaren Bereich der Mandibula oder dem Kinn gewonnen (Abb. 1). Die in den meist partikular entnommenen Transplantaten enthaltenen vitalen Zellen beeinflussen die knöcherne Heilung osteoneogenetisch, osteoinduktiv und osteokonduktiv und können auch in Form von Bohrspänen und Blöcken gewonnen werden. Partikulärer Knochen hat den Vorteil einer Vergrößerung der osteokonduktiven Oberfläche und folglich einer besseren Freisetzung von osteoinduktiven Proteinen. Nach dem Einbringen in die Empfängerregion werden autologe Materialien komplett resorbiert und durch vitalen Knochen ersetzt. Ein Infektionsrisiko sowie eine immunologische Abstoßungsreaktion entfallen bei körpereigenem Material. Nachteilig sind die möglicherweise notwendige zweite Operationsregion für die Entnahme und die eingeschränkte Verfügbarkeit.

Allogene Knochenersatzmaterialien

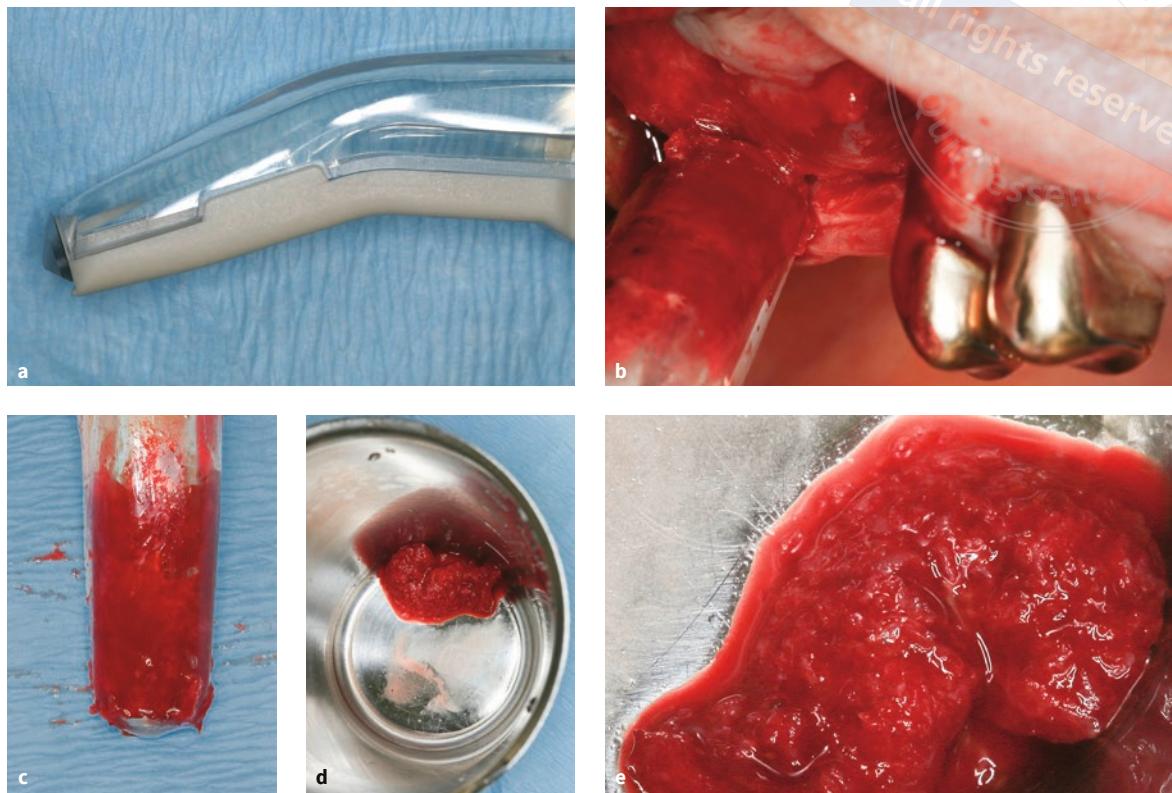
Allogene Knochentransplantate wurden primär entwickelt, um die Knochenheilung zu fördern, ohne dabei die Patientenmorbidity in Form einer separaten Entnahmestelle zu erhöhen. Darüber hinaus haben sie eine relativ hohe Verfügbarkeit. Nachteilig ist jedoch das potenzielle Infektionsrisiko, welches trotz umfangreicher Aufbereitungsprozesse nicht vollkommen ausgeschlossen werden kann. Am häufigsten angewendet werden sogenannte mineralisierte gefriergetrocknete allogene Knochentransplantate (Mineralized freeze-dried bone allografts: FDBA) und dekalzifizierte gefriergetrocknete allogene Knochentransplantate (Decalcified freeze-dried bone allografts: DFDBA).

Bei FDBA handelt es sich um mineralisiertes Knochenersatzmaterial, das aufgrund seines Herstellungsprozesses alle vitalen Zellen verloren hat und somit lediglich osteokonduktiv wirkt. DFDBA als demineralisiertes Knochenersatzmaterial hinge-

copyright
all rights reserved
Parodontologie

Abb. 1a bis e

Beispiel für ein autologes Knochentransplantat, hier die Entnahme mit einem Knochenschaber (Safescraper, Fa. Imtegra OHG, Rostock): Seitenansicht des Safescrapers (a), Entnahme autologen Knochenmaterials im zahnlosen Kieferabschnitt (b), gesammeltes Knochenmaterial im Safescraper (c), Ansicht des Knochenmaterials (Übersichtsaufnahme) (d), Ansicht des gesammelten Knochenmaterials (Detailaufnahme) (e).



gen besitzt noch BMPs, welche die Knochenbildung indirekt induzieren können, und wirkt folglich osteoinduktiv.

- **Produktbeispiel:** Puros Allograft Spongiosa Partikel, 0,25–1 mm (Fa. Zimmer Dental, Freiburg).

Xenogene Knochenersatzmaterialien

Xenogene Knochenersatzmaterialien, meist bovinen Ursprungs (vom Rind), wurden ähnlich wie allogene Knochenersatzmaterialien aufgrund ihrer hohen Verfügbarkeit und geringeren Patientenmorbidität eingeführt. Aufgrund ihres Aufbereitungsprozesses sind sie biokompatibel, ähneln strukturell dem menschlichen Knochen und wirken osteokonduktiv. Ein Abbau erfolgt nur sehr verzögert, weshalb es zunächst zu einer Osseointegration einzelner Partikel kommt. Trotz hoher Selektionskriterien bei den Spendertieren und entsprechenden Aufbereitungsprozessen kann auch hier eine Infektionsübertragung nicht absolut ausgeschlossen werden, weshalb eine Patientenaufklärung über die Herkunft der Materialien unerlässlich ist.

Deproteinierter anorganischer Rinderknochen gilt derzeit aufgrund zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen als Goldstandard in der regenerativen Parodontalchirurgie. Allerdings wird dieser nicht alleine verwendet, sondern als „Endoskelett“ bei großen und nicht unterstützenden Defekten in der Kombination mit biologisch abbaubaren Barrieremembranen oder Schmelz-Matrix-Protein (SMP). In der Kombination mit SMP wurde in der Humanhistologie eine parodontale Regeneration nachgewiesen⁹.

- **Produktbeispiel:** Geistlich Bio-Oss Spongiosa, 0,25–1 mm, bzw. Geistlich Bio-Oss Collagen, 250 mg (Fa. Geistlich Biomaterials, Wolhusen, Schweiz) (Abb. 2) und
- **Produktbeispiel:** Cerabone, 0,51 mm (Fa. Straumann, Basel, Schweiz) (Abb. 3).

Alloplastische Knochenersatzmaterialien

Alloplastische Knochenersatzmaterialien sind synthetisch hergestellte biokompatible Stoffe, deren großer Vorteil darin besteht, dass sie unbegrenzt verfügbar sind und Infektionen ausgeschlossen

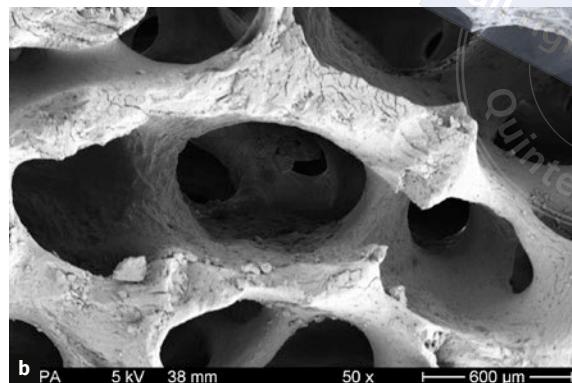
**a****b**

Abb. 2a und b
Produktbeispiel für ein xenogenes Knochenersatzmaterial: Bio-Oss Spongiosa bzw. Bio-Oss Collagen (Fa. Geistlich Biomaterials, Wolhusen, Schweiz) (a) und REM-Aufnahme Bio-Oss Spongiosa (b); (Quelle: mit freundlicher Genehmigung von Geistlich Biomaterials).

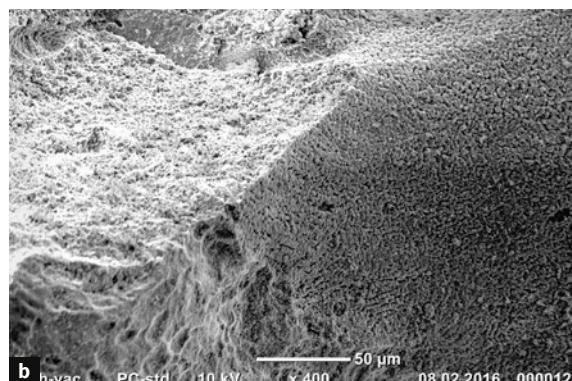
**a****b**

Abb. 3a und b
Produktbeispiel für ein xenogenes Knochenersatzmaterial: Cerabone (Fa. Straumann, Basel, Schweiz) (a) und REM-Aufnahme Cerabone (b); (Quelle: mit freundlicher Genehmigung von Straumann).

werden können. Es gibt sie in resorbierbarer und nicht resorbierbarer Form. Sie wirken osteokonduktiv und werden teilweise bindegewebig abgekapselt, was ihren Mehrwert in der regenerativen Parodontalchirurgie infrage stellt. Sie lassen sich in folgende Gruppen unterteilen:

- Hydroxylapatit: Hydroxylapatit bildet den anorganischen Hauptbestandteil von Knochen, der in kommerzieller Form resorbierbar und nicht resorbierbar erhältlich ist.
- β -Trikalziumphosphat (TCP): Es handelt sich hierbei um die poröse Form des Kalziumphosphates.

Produktbeispiel: Cerasorb M Granulat, 150–2.000 μm (Fa. Curasan, Kleinostheim) (Abb. 4).

- Zweiphasiges Kalziumphosphat (BCP): Dieses Material ist das Resultat eines Sinterungsprozesses von Hydroxylapatit und β -TCP. Dabei entsteht ein osteokonduktives resorbierbares Material, dessen Ziel die Förderung einer schnellen Knochenneubildung ist, während gleichzeitig die mechanische Stabilität und die Voluminstabilität über einen längeren Zeitraum erhalten bleiben.

Produktbeispiel: BoneCeramic, 0,5–1 mm (Institut Straumann AG, Basel, Schweiz) (Abb. 5).

- Bioaktive Gläser: Es handelt sich um eine Zusammensetzung aus SiO_2 , Na_2O , CaO_2 und P_2O_5 , welche osteokonduktiv wirkt und nur bedingt resorbierbar ist. Bei Kontakt der Gläser mit Gewebeflüssigkeiten wird eine siliziumreiche Gel-Schicht an deren Oberfläche ausgebildet, welche ihrerseits durch verschiedene exprimierte Proteine („bioaktiv“) Osteoblasten zur Knochenneubildung stimuliert.

Produktbeispiel: PerioGlas, 90–710 μm (Fa. NovaBone, Jacksonville, USA) (Abb. 6).

Klinische und radiologische Ergebnisse

Es liegt nur wenig wissenschaftliche Evidenz vor, wenn man nach Studien/systematischen Reviews sucht, die alle zuvor beschriebenen Knochentransplantate/Knochenersatzmaterialien gemeinsam untersuchen. Tavelli et al. haben zuletzt neben dem Effekt bioaktiver Proteine auch den Effekt der un-

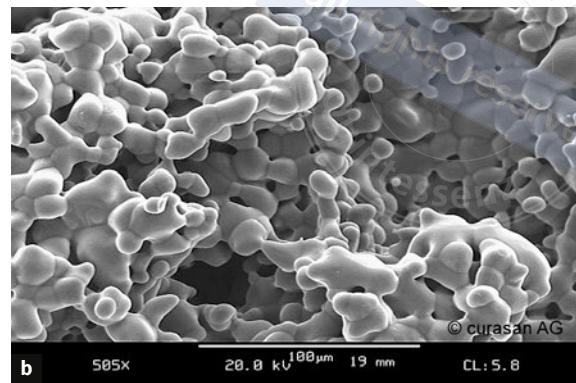


Abb. 4a und b Produktbeispiel für ein alloplastisches Knochenersatzmaterial (β -Trikalziumphosphat): Cerasorb M Granulat (Fa. Curasan, Kleinostheim) (a) und REM-Aufnahme Cerasorb M Granulat (b); (Quelle: mit freundlicher Genehmigung von Curasan).

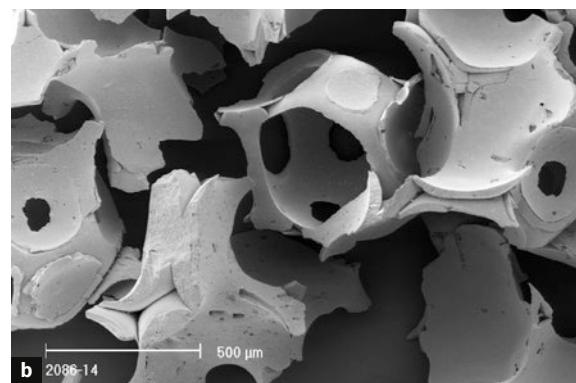


Abb. 5a und b Produktbeispiel für ein alloplastisches Knochenersatzmaterial (zweiphasiges Kalziumphosphat): BoneCeramic (Fa. Straumann, Basel, Schweiz) (a) und REM-Aufnahme BoneCeramic (b); (Quelle: mit freundlicher Genehmigung von Institut Straumann, Basel, Schweiz).



Abb. 6a und b Produktbeispiel für ein alloplastisches Knochenersatzmaterial (bioaktive Gläser): PerioGlas (Fa. NovaBone, Jacksonville, FL, USA) (a) und REM-Aufnahme PerioGlas (b); (Quelle: mit freundlicher Genehmigung von NovaBone).

terschiedlichen Knochentransplantate/Knochenersatzmaterialien auf die klinischen Parameter Attachmentgewinn und Sondierungstiefenreduktion sowie auf den radiologischen Parameter der

Knochenauffüllung untersucht. Die entsprechenden Ergebnisse sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Autoren schlussfolgern in ihrer Arbeit, dass Kombinationstherapien aus Knochenersatzmateri-

Tab. 1 Zusammenfassung der gemischten Modelle für die klinischen/radiologischen Ergebnisse der regenerativen Therapie bei infraalveolären Defekten
(Quelle: Tavelli et al.⁶).

Material	Attachmentgewinn (mm)				Sondierungstiefenreduktion (mm)				radiologische Knochenauflösung (%)			
	Schätzer	95 %-KI		p-Wert	Schätzer	95 %-KI		p-Wert	Schätzer	95 %-KI		p-Wert
		unteres KI	oberes KI			unteres KI	oberes KI			unteres KI	oberes KI	
autolog	0,38	-0,28	1,04	0,25	0,45	0,007	0,903	0,04	9,54	-21,27	40,35	0,53
allogen	0,45	0,01	0,89	0,03	0,41	0,08	0,73	0,01	14,69	-0,68	30,07	0,07
xenogen	0,41	0,04	0,77	0,02	0,51	0,26	0,75	0,01	7,39	-11,70	26,48	0,44
alloplastisch	0,21	-0,07	0,49	0,14	0,16	-0,03	0,36	0,11	20,94	10,57	31,31	< 0,01

KI: Konfidenzintervall.

alien mit bioaktiven Proteinen oder Membranen die besten Ergebnisse in der Therapie infraalveolärer Defekte zeigen⁶.

Ein weiterer Übersichtsartikel von Sculean et al. befasst sich mit der Neubildung von parodontalem Ligament, Zement und Knochen nach regenerativer Therapie infraalveolärer Defekte im Rahmen von Humanhistologien. Dabei konnten bei der Verwendung von autologem Knochen zwei Studien mit humanhistologischen Daten identifiziert werden, die bei einer initialen Knochendefekttiefe von 3,0 mm sowohl eine neue Zement- als auch Knochenformation von 1,9 mm zeigten. Für allogen Knochenersatzmaterial wurden fünf Studien eingeschlossen, die bei einer anfänglichen Defekttiefe von 6,0 mm eine neue Zementformation von 1,3 mm und eine Knochenneubildung von 1,8 mm aufwiesen. Für xenogenes Knochenersatzmaterial wurden vier Studien mit Humanhistologien gefunden, die bei einer initialen Defekttiefe von 6,6 mm eine Zementneubildung von 2,4 mm und eine Knochenneubildung von 2,3 mm zeigten. Mit alloplastischem Knochenersatzmaterial ließen sich in fünf Studien mit einer anfänglichen Defekttiefe von > 4 mm eine Zementneubildung von 0,6 mm und eine Knochenneubildung von 0,4 mm nachweisen. Die Autoren betonen in ihrer Schlussfolgerung den hohen Stellenwert humanhistologischer Daten, diskutieren aber zuvor auch sehr kritisch einflussnehmende Faktoren, wie beispielsweise auf Patientenebene die Mundhygiene, den Nikotinkonsum, die Compliance und auf Defektebene die anatomische Situation (Defekttiefe- und weite, Lokalisation), die chirurgische Vorgehensweise und Erfahrung sowie das Biopsieverfahren zur Gewinnung der Humanhistologie und deren Auswertung⁷.

Voraussetzungen für die Verwendung von Knochentransplantaten und Knochenersatzmaterialien in der regenerativen Parodontalchirurgie

Wie vor allen operativen Verfahren in der Mundhöhle sind auch in der parodontalen Chirurgie eine optimale Mundhygiene bzw. deren Demonstration und Erlernung sowie entzündungsfreie parodontale Verhältnisse eine grundlegende Voraussetzung. Andernfalls kann nicht mit einem operativen Erfolg gerechnet werden und es müssen weitere Attachmentverluste aufgrund einer Wundinfektion in Kauf genommen werden^{2,8}.

Anwendung von Knochentransplantaten und Knochenersatzmaterialien in der regenerativen Parodontalchirurgie

Aktuell gibt es zahlreiche humane Histologien, die parodontale Regeneration belegen, und eine gute klinische Evidenz für die regenerative Therapie unter Verwendung von Barrieremembranen und bioaktiven Proteinen (z. B. Schmelz-Matrix-Proteine: Emdogain, Institut Straumann, Basel, Schweiz)⁷. Deshalb erschließen sich kaum Gründe, auf Knochentransplantate oder Knochenersatzmaterialien als alleinige Hilfsmittel für regenerative Parodontalchirurgie zurückzugreifen. Allerdings kann bei weiten intraalveolären Defekten (Abb. 7) oder bei Grad-II-Furkationsdefekten^{2,8} die Verwendung von Knochentransplantaten/Knochenersatzmaterialien als sogenannte Füller zur Unterstützung einer Membran oder des Lappens sinnvoll sein. Füller



Abb. 7a bis i Beispiel einer regenerativen Lappenoperation am Zahn 44 mit Bio-Oss Collagen (Fa. Geistlich) und Emdogain (Fa. Straumann): Ausgangssituation regio 43–45 (Zustand nach Schienung der Zähne 44 und 45) (a), Zustand nach Mobilisation eines Papillenerhaltungslappens und zirkumferenter Defektdarstellung (intraalveolarer, schlüsselförmiger Defekt) (b), Trockenlegung des Defektes nach erfolgter Reinigung mit einem Spitztupfer (c), Applikation des PrefGels (Fa. Straumann) auf die Wurzeloberfläche (d), Applikation des Schmelz-Matrix-Proteins (Emdogain) auf die Wurzeloberfläche (e), Applikation eines Gemisches aus Bio-Oss Collagen und Emdogain in den Defekt (f), Nahtverschluss mit modifizierten vertikalen Matrazennähten (Cytoplast 5-0) (g), Zustand eine Woche postoperativ (h) sowie 10 Tage postoperativ nach Nahtentfernung (i).

können zur Weichgewebeunterstützung beitragen und somit das postoperative Auftreten gingivaler Rezessionen reduzieren. Zusätzlich können sie bei weitwinkeligen Defekten die Ausbildung bindegewebigen Attachments unterstützen. Neben der Tatsache, dass Kombinationen aus Knochenersatzmaterialien/Knochentransplantaten und bioaktiven Proteinen oder Membranen in der regenerativen Parodontalchirurgie die besten Ergebnisse erzielen, bleibt die exakte Wahl des Füllmaterials ungeklärt^{6,7}. Dennoch ist ein langfristig positiver Effekt unbestritten¹⁰.

Grundsätzlich sollte vor der Anwendung zusätzlicher Materialien, die auch zusätzliche Kosten verursachen, die Frage, ob der Mehraufwand auch zusätzlichen Nutzen für den Patienten bietet, positiv beantwortet werden können.

Literatur

- Herrera D, Sanz M, Kebschull M, Jepsen S, Sculean A, Berglundh T et al. Treatment of stage IV periodontitis: The EFP S3 level clinical practice guideline. *J Clin Periodontol* 2022;49(Suppl 24):4–71.
- Sanz M, Jepsen K, Eickholz P, Jepsen S. Clinical concepts for regenerative therapy in furcations. *Periodontol* 2000 2015; 68:308–332.
- Eickholz P, Dannowitz B. Glossar der Grundbegriffe für die Praxis: Regenerative Parodontaltherapie. Teil 4: Bioaktive Wirkstoffe: Differenzierungs- und Wachstumsfaktoren, Schmelzmatrixprotein. *Parodontologie* 2009;20:71–77.
- Eickholz P. Glossar der Grundbegriffe für die Praxis: Regenerative Parodontaltherapie. Teil 1: Das biologische Prinzip der gesteuerten Geweberegeneration. *Parodontologie* 2005; 16:249–253.
- Karring T, Isidor F, Nyman S, Lindhe J. New attachment formation on teeth with a reduced but healthy periodontal ligament. *J Clin Periodontol* 1985;12:51–60.
- Tavelli L, Chen CJ, Barootchi S, Kim DM. Efficacy of biologics for the treatment of periodontal infrabony defects: An American Academy of Periodontology best evidence systematic review and network meta-analysis. *J Periodontol* 2022;93:1803–1826.
- Sculean A, Nikolidakis D, Nikou G, Ivanovic A, Chapple IL, Stavropoulos A. Biomaterials for promoting periodontal regeneration in human infrabony defects: a systematic review. *Periodontol* 2000 2015;68:182–216.
- Cortellini P, Tonetti MS. Clinical concepts for regenerative therapy in infrabony defects. *Periodontol* 2000 2015;68: 282–307.
- Sculean A, Windisch P, Keglevich T, Chiantella GC, Gera I, Donos N. Clinical and histologic evaluation of human infrabony defects treated with an enamel matrix protein derivative combined with a bovine-derived xenograft. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:47–55.
- Stavropoulos A, Bertl K, Spineli LM, Sculean A, Cortellini P, Tonetti M. Medium- and long-term clinical benefits of periodontal regenerative/reconstructive procedures in infrabony defects: Systematic review and network meta-analysis of randomized controlled clinical studies. *J Clin Periodontol* 2021;48:410–430.



Hari Petsos

Prof. Dr. med. dent.
Petros&Zahn®
Westenhellweg 54a
59494 Soest

Bettina Dannowitz

Prof. Dr. med. dent.
Zahnärztliche Gemeinschaftspraxis
Dres. Dannowitz & Glass
Langgasse 36–38
35781 Weilburg

Hari Petsos

Beide:
Poliklinik für Parodontologie
Zentrum der Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde
(Carolinum)
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt
Theodor-Stern-Kai 7 (Haus 29)
60596 Frankfurt am Main

Yuri Glass

Dr. med. dent.
Zahnärztliche Gemeinschaftspraxis
Dres. Dannewitz & Glass
Langgasse 36–38
35781 Weilburg

Peter Eickholz

Prof. Dr. med. dent.
Poliklinik für Parodontologie
Zentrum der Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde
(Carolinum)
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt
Theodor-Stern-Kai 7 (Haus 29)
60596 Frankfurt am Main

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Hari Petsos, E-Mail: petsos@med.uni-frankfurt.de